

⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑪ DE 40 15 187 A 1

⑤ Int. Cl. 5:
B 01 D 63/16
B 01 D 65/08
B 01 D 33/06

⑳ Aktenzeichen: P 40 15 187.5
㉔ Anmeldetag: 11. 5. 90
㉕ Offenlegungstag: 29. 11. 90

DE 40 15 187 A 1

③① Innere Priorität: ③② ③③ ③①
11.05.89 DE 39 15 358.4

⑦① Anmelder:
Chmiel, Horst, Prof. Dr.-Ing.habil., 7250 Leonberg,
DE; Clemens, Wulf Christian, Prof. Dipl.-Ing. Dr.,
7000 Stuttgart, DE

⑦④ Vertreter:
Münich, W., Dipl.-Phys. Dr.rer.nat., Pat.-Anw.;
Steinmann, O., Dr., Rechtsanwalt., 8000 München

⑦② Erfinder:
gleich Anmelder

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Vorrichtung zum Trennen von Fluidgemischen

Beschrieben wird eine Vorrichtung zum Trennen von Fluidgemischen mit mindestens zwei ineinander angeordneten Zylindern, von denen der innere Zylinder um seine Zylinderachse drehbar ist, und die einen Zwischenraum bilden, in den das Fluidgemisch zuführbar ist, und aus dem das Permeat bzw. Filtrat durch mindestens eine Membran mit Trennfunktion auf der Mantelfläche des inneren Zylinders abgetrennt wird, und das Retentat durch eine Stirnfläche des Zwischenraumes entnehmbar sind.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung zeichnet sich dadurch aus, daß zur Bildung einer hochturbulenten Strömung auf der dem Fluidgemisch zugewandten Seite der Membran auf der Mantelfläche des inneren Zylinders Strömungsbrecher angebracht sind.

DE 40 15 187 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zum Trennen von Fluidgemischen mit mindestens zwei ineinander angeordneten Zylindern, von denen der innere Zylinder um seine Zylinderachse drehbar ist, und die einen Zwischenraum bilden, in den das Fluidgemisch zuführbar ist, und aus dem das Permeat bzw. Filtrat durch mindestens eine Membran mit Trennfunktion auf der Mantelfläche des inneren Zylinders abgetrennt wird, und das Retentat durch eine Stirnfläche des Zwischenraumes entnehmbar ist.

Derartige Vorrichtungen sind beispielsweise aus dem DE-GM 78 08 397 oder der DE-PS 20 54 968 bekannt.

Entscheidend für eine wirtschaftliche Nutzung von Membranprozessen zum Zwecke des Stoffaustausches in derartigen Vorrichtungen ist die zu erwartende Standzeit der Membranen.

Eine Membran in diesem Sinne ist definitionsgemäß ein Trennelement, das für verschiedene einzelne Komponenten eines Stoffgemisches unterschiedliche Durchlässigkeit zeigt. Demgemäß kann beispielsweise eine Membran zur Abtrennung von Partikeln aus einer Suspension ein feinmaschiges Gewebe oder ein sonstiges mikroporöses, flächiges Gebilde aus z.B. Kunststoff, Metall, Keramik etc. sein. Es kann aber auch, wie im Beispiel von Lösungen bzw. von Lösungsgemischen, ein porenfreier Film sein (Polymerfolie), bei dem diese Selektivität durch unterschiedliche Löslichkeit der einzelnen Komponenten in diesem Polymerfilm hervorgerufen wird. Beispiele sind die Pervaporation, die Dampfpermeation oder die Gastrennung mittels Membranen.

Typisch für alle Membranprozesse ist neben den Problemen der mechanischen und chemischen Beständigkeit das immer auftretende Problem der Deckschichtbildung.

Als Gel- oder Deckschichtbildung bezeichnet man den Vorgang, wenn es direkt an der Membran zu einer Überschreitung der Löslichkeit einer makromolekularen Komponente kommt, die dann als Belag ausfällt. Diesen auch Fouling genannten Prozeß kann man als Extrem der Konzentrationspolarisation ansehen. Das Konzentrationspolarisationsprofil entsteht dadurch, daß sich die von der Membran zurückgehaltene Komponente an der Membranoberfläche anreichert, und dann entweder infolge des Konzentrationsgefälles zurück in das Stoffgemisch diffundiert, oder wie z.B. im Falle der Mikrofiltration, einen statischen Filterkuchenaufbau bewirkt.

Die Deckschichtbildung wird somit in vielen Fällen zum Hinderungsgrund für einen wirtschaftlichen Einsatz von Membranen. Zum einen ist dies begründet durch steigende Druckverluste und damit geringe transmembrane Flüsse. Zum anderen werden in den meisten Fällen auch Moleküle zurückgehalten, deren Molekulargewicht wesentlich tiefer liegt, als die nominale Trenngrenze der Membran angibt. Der Transportwiderstand kann bei einigen Medien, wie z.B. bei Bakteriensuspensionen mit begleitenden Schleimstoffen, sehr schnell anwachsen; der gesamte Druckabfall erfolgt dann an der Deckschicht — die Membran ist blockiert.

Zur Lösung des Problems der Deckschichtbildung sind bislang die unterschiedlichsten Wege vorgeschlagen worden. Die bisherigen Vorschläge lassen sich dabei grob in "Vorschläge mit Rohrströmungen" und "Vorschläge ohne Rohrströmungen" einteilen.

Die auf dem Prinzip der Rohrströmung basierenden Vorschläge lassen sich unterteilen in Vorschläge mit ho-

hen tangentialen Überströmgeschwindigkeiten, spezieller Formgebung der strömungsbegrenzten Flächen, physikalisch-chemische Oberflächenmodifikationen, pulsierende Strömungen, Reinigungssysteme sowie Rückspülung mit Permeat.

Zu den nicht auf Rohrströmungen basierenden Vorschlägen gehören die dynamischen Trennvorschläge, wie beispielsweise Tellerfilter, Rotations- oder Scherfilter.

Rotationsfilter, von denen bei der Formulierung des Oberbegriffs des Patentanspruchs 1 ausgegangen wird, sind in den eingangs genannten Druckschriften DE-GM 78 08 397 und DE-PS 20 54 968 beschrieben. Bei diesem Filtertyp werden sekundäre Strömungserscheinungen, die sogenannten "Taylorwirbel" zur Verbesserung des Stofftransportes über die Membran genutzt.

Das Rotationsfilter besteht im wesentlichen aus zwei koaxial angeordneten Zylindern, von denen der innere über einen elektrischen Antrieb in Rotation versetzt wird. Die Membran ist auf der Außenseite des Innenzylinders befestigt (wahlweise auch auf der Innenseite des äußeren Zylinders). Der zu filtrierende Feedstrom wird mit einer Pumpe dem unteren Ende des Ringspaltes zugeführt, am Kopf des Filters wird das Retentat abgezogen. Das Filtrat wird dabei zwangsweise über die Membran in den Innenzylinder, und dann über eine Hohlwelle abgeführt. Der rotierende Zylinder wird mit Gleitringdichtungen gegen das Gehäuse abgedichtet.

Auch bei diesem Filterapparat existiert eine wesentliche Grenze für den transmembranen Fluß. Sie liegt in der Tatsache begründet, daß die Längswirbel zwischen rotierenden Zylindern, die nach der linearisierten Theorie der Ringspaltströmung im instabilen Fall zeitlich exponentiell angefacht werden, zwar zunächst anwachsen, dann aber in einen stationären Strömungszustand mit endlichen Wirbelamplituden übergehen. Ihre Geschwindigkeitskomponenten können angebbare, endliche Schranken niemals überschreiten.

Deshalb ist in dem DE-GM 78 08 397 vorgeschlagen worden, eine Ablöseeinrichtung vorzusehen, die relativ zur Membran bewegbar ist. Durch die Verwendung einer derartigen Ablöseeinrichtung wird einerseits der Aufbau der Vorrichtung wesentlich komplizierter, da mehr relativ zueinander bewegliche Teile vorgesehen werden müssen, andererseits wird durch eine von der Membran beabstandete Ablöseeinrichtung das eingangs erläuterte Problem der Bildung einer Deckschicht nicht zufriedenstellend gelöst.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Vorrichtung zum Trennen von Fluidgemischen anzugeben, bei der der transmembrane Fluß nicht durch das bei gattungsgemäßen Vorrichtungen auftretende Deckschichtproblem begrenzt wird.

Eine erfindungsgemäße Lösung dieser Aufgabe ist mit ihren Weiterbildungen in den Patentansprüchen beschrieben.

Die Erfindung beruht auf dem Grundgedanken, daß die Dicke einer Deckschicht nur in der gleichen Größenordnung auftritt, wie sich eine laminare (Prandtl'sche) Grenzschicht an der Filteroberfläche ausbilden kann.

Der Grenzschichtumschlag von laminar zu turbulent wird in komplizierter Weise durch verschiedene Faktoren beeinflusst, insbesondere durch Druckverteilung, lokale Reynoldszahl, Turbulenz der Anströmung und durch Rauigkeit der Wand.

In der vorliegenden Erfindung wird der Einfluß einer speziellen Rauigkeitsform, nämlich mehrerer quer zur

Strömungsrichtung der Hauptströmung (bzw. der Bewegungsrichtung des Rotors) direkt an der Membranoberfläche des inneren (Anspruch 1) und/oder äußeren Zylinders (Anspruch 12) befestigten Strömungsbrechern, die auf der dem Fluidgemisch zugewandten Seite der Membran angeordnet sind, genutzt. Durch derartige Strömungsbrecher, die im Prinzip eine beliebige Form, bevorzugt jedoch die Form von Leisten (Anspruch 2) haben können, kann der Umschlagpunkt, in einer für den Stoffübergang günstigen Weise, beeinflusst werden. (Als Umschlagpunkt wird in diesem Sinne die Stelle bezeichnet, an der im bewegten Bezugssystem grenzschichtturbulente Geschwindigkeitsschwankungen auftreten). Hohe spezifische Filtrationsleistungen werden somit durch einen hohen Turbulenzgrad der Anströmung der Filteroberfläche erreicht.

Wesentliches Erfindungsmerkmal ist das direkte "Räumen" der laminaren Grenzschicht beim Auftreten von laminaren Instabilitäten nach Taylor, d.h. der Erzeugung einer turbulenten Grenzschicht an der Membranoberfläche.

Dies ist ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal zum "normalen" oder "gerührten" Ringspalt, wie er beispielsweise aus der DE-OS 25 58 683 oder dem DE-GM 78 08 397 bekannt ist, bei denen im quasi-turbulenten Kern der Hauptströmung Wirbelballen für den Stofftransport zur Phasengrenzfläche sorgen. In unmittelbarer Nähe der Membranoberfläche ist jedoch keine Turbulenz vorhanden. Hier dürfte sich nach der Filmtheorie eine laminare Grenzschicht ausbilden, durch die der Stoffstrom nur durch Diffusion transportiert werden kann.

Wichtige Folgeeffekte der erfindungsgemäßen Ausbildung sind:

- erhöhte transmembrane Flüsse (stationär)
- geringere benötigte Drehzahlen.

Aufgrund dieser Effekte ergibt sich ein deutlich verringerter Energieaufwand.

Weitere Anwendungsmöglichkeiten einer hochturbulenten Strömung, die durch Strömungsbrecher erzeugt wird, sind beispielsweise:

A) Bei der Pervaporation wird die zur Verdampfung des permeierenden Stoffes notwendige Wärmemenge der Umgebung direkt entzogen. Dieses kann im Extremfall zur Vereisung der verwendeten Membranen führen. Mit der beschriebenen Anordnung wird die Konzentrationsverarmung des permeierenden Stoffes in der Grenzschicht der Feedseite verhindert. Die durch Dissipation eingetragene Energie wird als Beitrag zur Verdampfungsenthalpie genutzt.

B) Bei Prozessen im Bioreaktor spielen Substratzufuhr, Sauerstoffversorgung und Stoffwechselproduktabfuhr eine wesentliche Rolle im Hinblick auf die Raum-Zeit-Ausbeute. Bei Nutzung des beschriebenen Verfahrens mit einer alternierend wirkenden Membran für Produktabfuhr, Abfuhr der inhibierenden Stoffe, Substratzufuhr, sowie der Oxygenierung kann durch erhöhten Stoffdurchgang eine entscheidende Verbesserung bestehender Verfahren erzielt werden.

C) Durch geeignete Anordnung von Strömungsbrechern kann im Bio-Reaktor eine Schlaufenströmung induziert werden, welche die angestrebte alternierende Wirkungsweise des Membrankompar-

timentes unterstützt (Anspruch 7).

Hierbei ist es bevorzugt, wenn der innere Zylinder ein offener Hohlzylinder ist, der sowohl auf seiner Außen- als auch auf seiner Innenseite Membranen aufweist, die einen Ringraum einschließen, der mit mindestens einer Hohlwelle verbunden ist, und daß der Innenraum des inneren Zylinders mit dem Zwischenraum zwischen den beiden Zylindern derart in Verbindung steht, daß das Fluidgemisch zirkuliert. Ferner können zur Erzeugung einer Schlaufenströmung Strömungsbrecher sowohl auf der Innen- als auch auf der Außenseite des inneren Zylinders angeordnet sein (Anspruch 8).

Gemäß Anspruch 3 sind die beiden Zylinder bevorzugt coaxial angeordnet. Selbstverständlich ist es aber auch möglich, die beiden Zylinder koexzentrisch anzuordnen (Anspruch 4).

Die erfindungsgemäße Ausbildung kann sowohl bei Vorrichtungen, bei denen nur auf dem Innenzylinder Membranen vorgesehen sind, als auch bei Vorrichtungen, bei denen nur auf dem Außenzylinder Membranen vorgesehen sind, Verwendung finden. Selbstverständlich ist es gemäß Anspruch 5 auch möglich, daß sowohl auf der Innenseite der Mantelfläche des äußeren Zylinders als auch auf der Außenseite der Mantelfläche des inneren Zylinders Membranen vorgesehen sind.

In jedem Falle ist es bevorzugt, wenn das durch die Membran(en) auf der Mantelfläche des inneren Zylinders hindurchtretende Permeat bzw. Filtrat in an sich bekannter Weise über eine Hohlwelle abziehbar ist, die den inneren Zylinder trägt (Anspruch 6).

Weiterhin ist es gemäß Anspruch 9 möglich, über die andere Hohlwelle dem Fluidgemisch Zusatzstoffe, wie Nährstoffe, Sauerstoff etc. zuzuführen.

Ein weitere Ausbildung der Erfindung ist im Anspruch 10 gekennzeichnet, gemäß der der innere Zylinder ein Membrankompartiment aufweist, dessen einzelne Membranflächen unterschiedliche Funktion haben, so daß auch komplexe Trennfunktionen durchgeführt werden können.

Im Anspruch 11 ist angegeben, daß die permeierenden Anteile des Fluidgemisches (in an sich bekannter Weise) durch Unterdruck und/oder Extraktionsmittel, die durch den Innen- bzw. Ringraum des inneren Zylinders strömen, abgezogen werden.

Die Erfindung wird nachstehend ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens anhand von Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Zeichnung exemplarisch beschrieben, auf die im übrigen bezüglich der Offenbarung aller im Text nicht näher erläuterten erfindungsgemäßen Einzelheiten ausdrücklich verwiesen wird. Es zeigen:

Fig. 1a einen Längsschnitt durch ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung.

Fig. 1b einen Schnitt bei der Linie Y-Y in Fig. 1a.

Fig. 2a eine teilweise geschnittene Seitenansicht eines zweiten Ausführungsbeispiels der Erfindung.

Fig. 2b einen Längsschnitt bei der Linie Z-Z in Fig. 2a.

Fig. 2c einen Querschnitt bei der Linie x-x in Fig. 2a.

Fig. 3a und b Schnitte bei K-K und M-M in den Fig. 1a und 2a zur Erläuterung von Details.

Fig. 1a zeigt einen Längsschnitt durch ein erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung. Dieses Ausführungsbeispiel weist zwei coaxial angeordnete Zylinder 1 und 2 auf, von denen der Innenzylinder (i.f. auch als Innenrotor bezeichnet) 2 um seine Zylinderachse 3 (Hohlwelle) drehbar gelagert ist. Der Innenzylinder bzw. Innenrotor 2 ist oben und unten geschlossen und trägt auf seiner

Außenseite eine Membran 12 (s. Fig. 1b).

Die Innenwand des Außenzylinders 1 sowie die Außenwand des Innenzylinders 2 begrenzen einen Zwischenraum 4, in den das Fluidgemisch durch eine Öffnung 5 zuführbar ist. Die auf dem Innenzylinder 2 angebrachte Membran 12 weist eine entsprechende Trennfunktion auf, so daß das Permeat durch die Membran und eine poröse Mantelfläche 11 (s. Fig. 1b) des Innenzylinders 2 über die Hohlwelle 3 abgezogen werden kann. Die poröse Mantelfläche 11 kann beispielsweise ein Stützgitter oder auch ein aus der Membrantechnik bekannter anderer Support sein.

Um eine erhöhte Filtrationsfläche zur Verfügung zu haben, kann der äußere Zylinder 1 mit einer zylindrischen Aussparung 10 versehen werden, die gegenüber dem Zwischenraum 4 durch eine weitere zylindrische Membran 6 abgetrennt ist. Auch die Membran 6 hat eine entsprechende Trennfunktion, so daß das Permeat durch die Öffnungen 7 in der Mantelfläche und das Retentat durch eine Öffnung 8 in der Stirnfläche des Zylinders 1 entnehmbar sind.

Zur Bildung einer hochturbulenten Strömung auf der dem Fluidgemisch zugewandten Seite der Membran des Innenzylinders 2, durch die die Trennung bzw. der Stoffübergang wesentlich verbessert wird, sind direkt auf der Membran des Innenzylinders Strömungsbrecher 9 aufgebracht, die in Fig. 3 näher dargestellt sind.

Fig. 1b zeigt zur Verdeutlichung der Funktionsweise sowie der Anordnung der vertikalen Strömungsbrecher 9 einen Schnitt bei der Linie y-y in Fig. 1a, bei der der Außenzylinder nicht dargestellt ist.

Fig. 2a zeigt in einer teilweise geschnittenen Seitenansicht ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung, bei dem gleiche Teile wie in Fig. 1a mit gleichen Bezugszeichen versehen sind, so daß auf eine erneute Beschreibung verzichtet wird. Im folgenden sollen deshalb lediglich die Abweichungen zwischen den beiden Ausführungsbeispielen besprochen werden:

Bei dem in Fig. 2a dargestellten Ausführungsbeispiel wird in den unteren Teil 18 der Hohlachse des Innenzylinders 2 zusätzlich auch ein permeierender Stoff zugeführt. Ferner sind die Strömungsbrecher gewunden, sowie Deckel und Boden des Innenzylinders offen, so daß eine Schlaufenströmung erzwungen werden kann.

Fig. 2b zeigt einen Längsschnitt in der Linie z-z in Fig. 2a, die insbesondere den Aufbau des Innenzylinders erkennen läßt. Der Innenzylinder 2 weist eine äußere Membran 13 und eine innere Membran 14 (die auf der Innenseite der Zylinderwand des Innenzylinders 2 angeordnet ist) auf. Die Membranen sind durch einen Stütz- und Dichtkörper 19, der die mechanische Funktion des Innenzylinders erfüllt, getrennt. Bezüglich der Anordnung der einzelnen gebildeten Räume (Permeatraum 15 der äußeren Membran des Innenzylinders, sowie Permeatraum 16 der inneren Membran des Innenzylinders werden durch entsprechende Öffnungen mit dem oberen Teil 17 bzw. dem unteren Teil 18 der Hohlwelle verbunden) wird ausdrücklich auf die Darstellung in den Fig. 2b und 2c verwiesen.

Fig. 2c zeigt zur weiteren Erläuterung des Aufbaus des Innenzylinders 2 einen Schnitt bei der Linie x-x in Fig. 2a.

Die Fig. 3a und 3b zeigen zur Erläuterung eines Ausführungsbeispiels für Strömungsbrecher 9 Schnitte längs K-K und M-M in den Fig. 1a und 2a. Das dargestellte Ausführungsbeispiel hat — wie in Fig. 3a gezeigt — einen rechteckigen Querschnitt. Wie Fig. 3b zeigt, wird der Strömungsbrecher 9 nicht von einer durchge-

henden Leiste gebildet, sondern weist in seiner Längserstreckung Unterbrechungen auf. Selbstverständlich ist es aber auch möglich, durchgehende Leisten oder in anderer Weise als dargestellt gestufte Leisten oder Leisten mit einer von der rechteckigen Form abweichenden Querschnittsform zu verwenden.

Vorstehend ist die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels ohne Beschränkung des allgemeinen Erfindungsgedankens beschrieben worden, wie er sich insbesondere aus den Ansprüchen ergibt.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Trennen von Fluidgemischen mit mindestens zwei ineinander angeordneten Zylindern, von denen der innere Zylinder um seine Zylinderachse drehbar ist, und die einen Zwischenraum bilden, in den das Fluidgemisch zuführbar ist, und aus dem das Permeat bzw. Filtrat durch mindestens eine Membran mit Trennfunktion auf der Mantelfläche des inneren Zylinders abgetrennt wird, und das Retentat durch eine Stirnfläche des Zwischenraumes entnehmbar sind, dadurch gekennzeichnet, daß zur Bildung einer hochturbulenten Strömung auf der dem Fluidgemisch zugewandten Seite der Membran auf der Mantelfläche des inneren Zylinders Strömungsbrecher angebracht sind.
2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Strömungsbrecher die Form von Leisten haben.
3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Zylinder coaxial angeordnet sind.
4. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Zylinder koaxial angeordnet sind.
5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß sowohl auf der Innenseite der Mantelfläche des äußeren Zylinders als auch auf der Außenseite der Mantelfläche des inneren Zylinders Membranen vorgesehen sind.
6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß das durch die Membran(en) auf der Mantelfläche des inneren Zylinders hindurchtretende Permeat bzw. Filtrat in an sich bekannter Weise über eine Hohlwelle abziehbar ist, die den inneren Zylinder trägt.
7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der innere Zylinder ein offener Hohlzylinder ist, der sowohl auf seiner Außen- als auch auf seiner Innenseite Membranen aufweist, die einen Ringraum einschließen, der mit mindestens einer Hohlwelle verbunden ist, und daß der Innenraum des inneren Zylinders mit dem Zwischenraum zwischen den beiden Zylindern derart in Verbindung steht, daß das Fluidgemisch zirkuliert.
8. Vorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzeugung einer Schlaufenströmung Strömungsbrecher sowohl auf der Innen- als auch auf der Außenseite des inneren Zylinders angeordnet sind.
9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß über die andere Hohlwelle dem Fluidgemisch Zusatzstoffe, wie Nährstoffe, Sauerstoff etc. zuführbar sind.
10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der innere Zylinder

ein Membrankompartiment aufweist, dessen einzelne Membranflächen unterschiedliche Funktion haben.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die permeierenden 5
Anteile des Fluidgemisches durch Unterdruck und/oder Extraktionsmittel, die durch den Innen- bzw. Ringraum des inneren Zylinders strömen, abgezogen werden.

12. Vorrichtung zum Trennen von Fluidgemischen 10
mit mindestens zwei ineinander angeordneten Zylindern, die einen Zwischenraum bilden, in den das Fluidgemisch zuführbar ist, und aus dem das Permeat bzw. Filtrat durch mindestens eine Membran mit Trennfunktion auf der Mantelfläche des äußeren 15
Zylinders und das Retentat durch eine Stirnfläche des Zwischenraumes entnehmbar sind, oder nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der äußere Zylinder drehbar ist, und daß auf der dem Fluidgemisch zugewandten 20
Seite der Membran auf der Mantelfläche des äußeren Zylinders Strömungsbrecher angebracht sind.

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

25

30

35

40

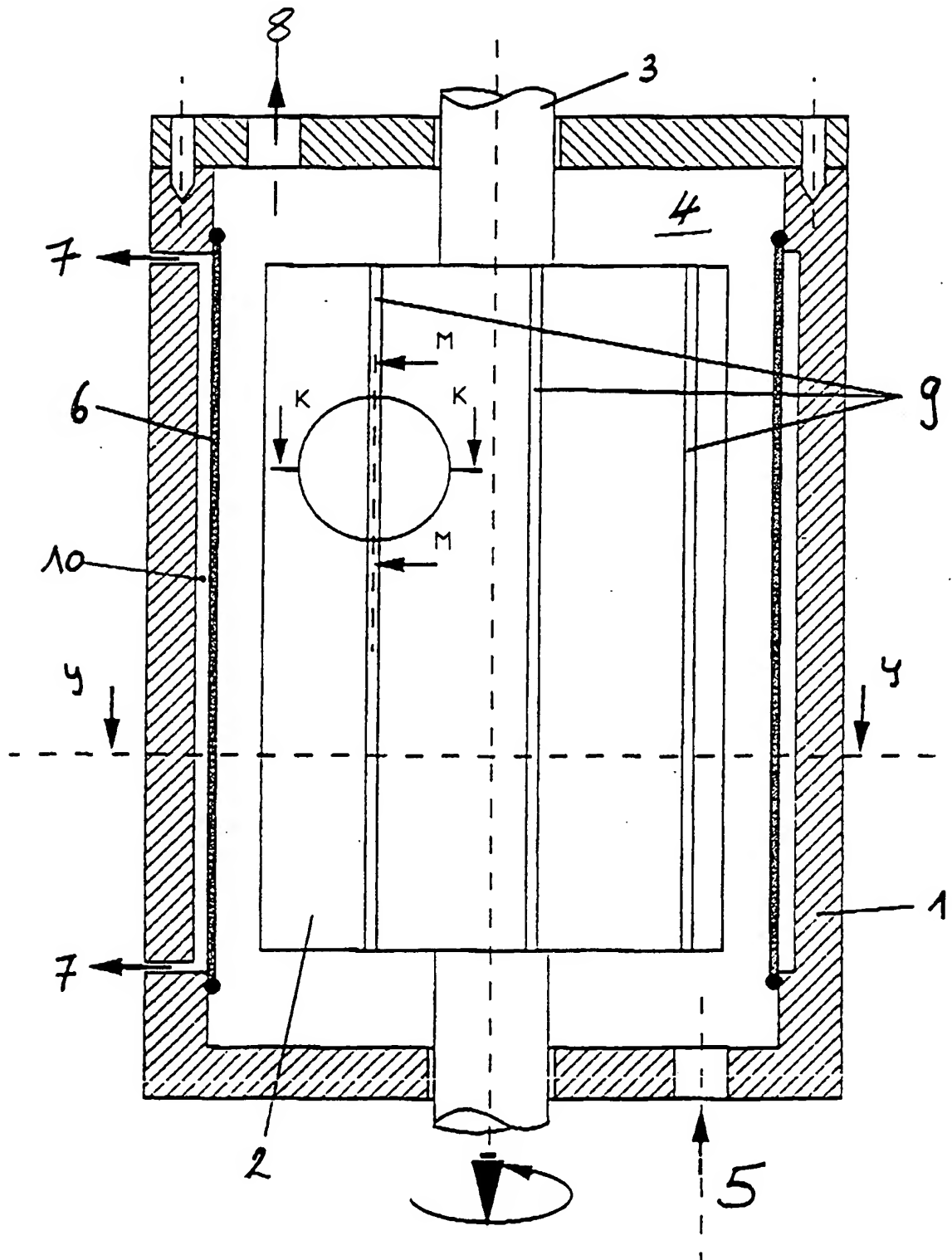
45

50

55

60

65



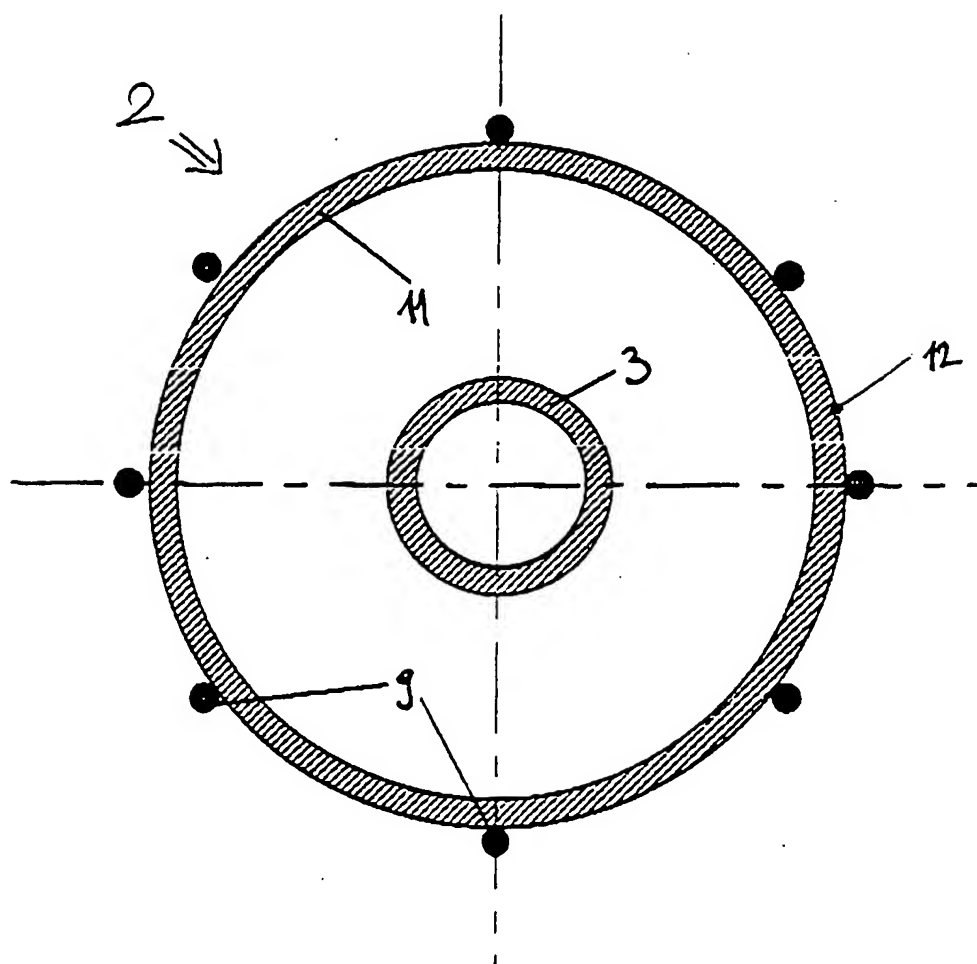
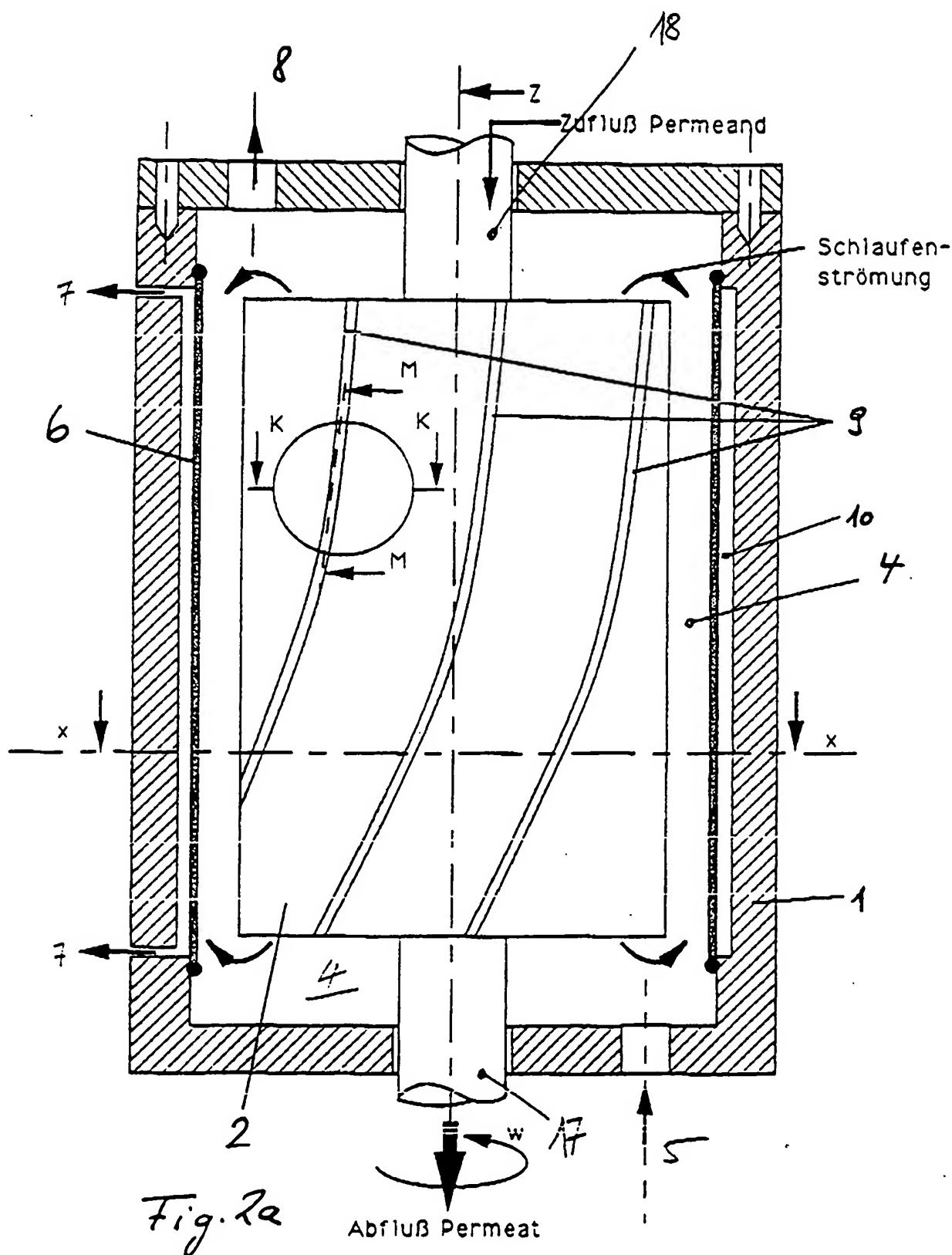


Fig. 16



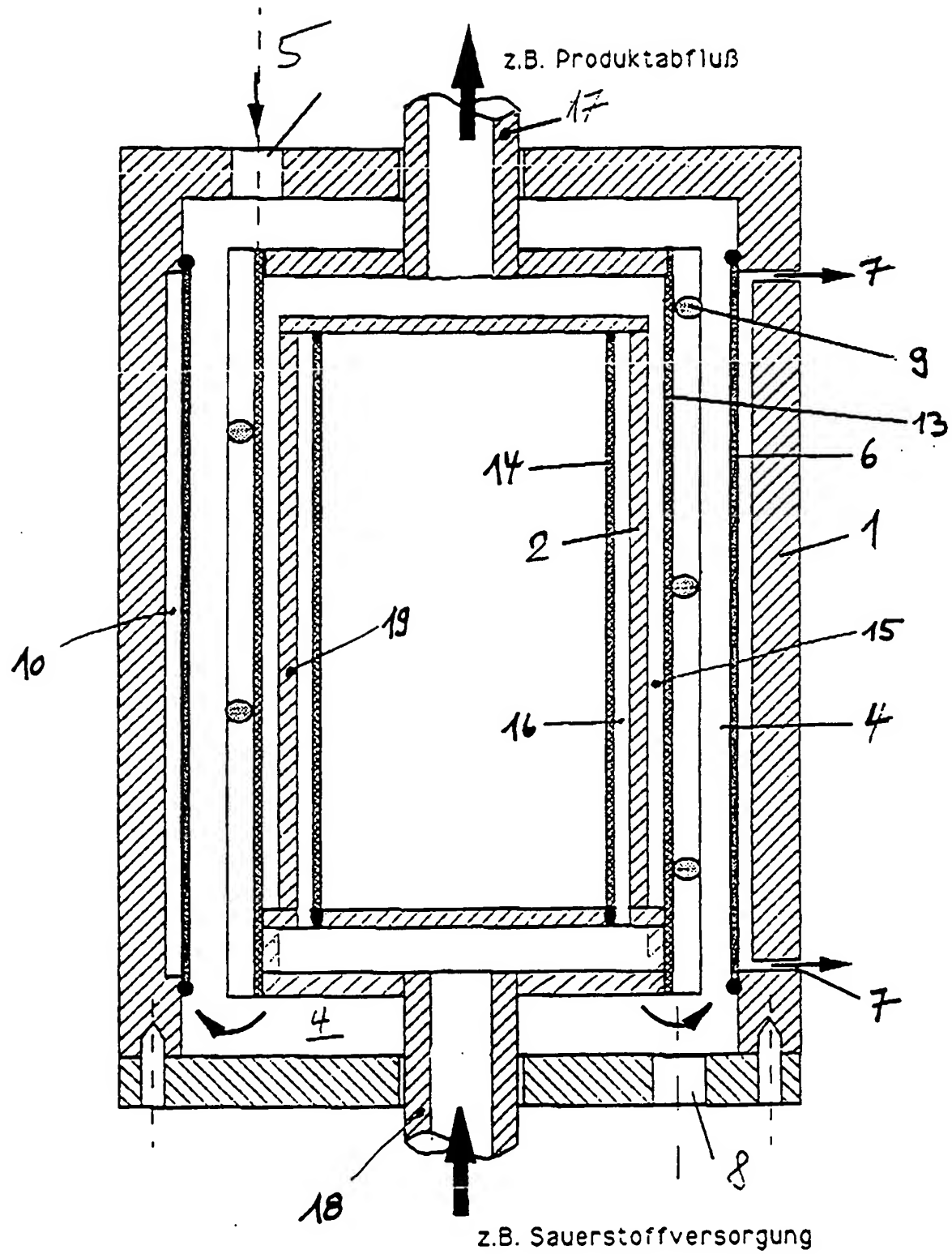


Fig. 26

